



TITLE:

Numerical Study on Indoor Climate Using Single-Phase and Multiphase Models(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Chamika, De Costa

CITATION:

Chamika, De Costa. Numerical Study on Indoor Climate Using Single-Phase and Multiphase Models. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19280>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2016-09-23に公開; 許諾条件により要旨は2015-12-24に公開; 許諾条件により本文は2018-10-01に公開

| | | | |
|---|--|----|------------------|
| 京都大学 | 博士（工学） | 氏名 | Chamika De Costa |
| 論文題目 | Numerical Study on Indoor Climate Using Single-Phase and Multiphase Models (単相および多相場モデルによる室内気候の数値解析的研究) | | |
| <p>(論文内容の要旨)</p> <p>In this study, numerical investigations were carried out for indoor climate, consisting of velocity, temperature and humidity, using single-phase and multiphase models. In order to confirm the accuracy of the computational methods, the numerical results were compared with wide range of experimental results. Following the verification, it was shown that the numerical method enables us to find optimum heating method under same heat supply conditions in a full-scale multi-story house.</p> <p>In Chapter 1, on the basis of the literature survey for indoor climate investigations, the background and objectives of the present study were made clear. The available experimental results were also surveyed in the preceding studies, while the current situations about numerical studies were discussed. Finally, in consideration of optimizing indoor climate for houses located in cold districts, it was determined that the focus of the numerical study is place on the following two types of common heating methods: panel heaters and floor heaters.</p> <p>In Chapter 2, two types of numerical model were introduced: a single-phase (or separate-phase) model and a multiphase model. The single-phase model is similar to the usual computational methods, in which boundary meshes are set up between the indoor air and surrounding walls. Since the boundary conditions for temperatures or heat fluxes on the walls must be specified, this model is usually difficult to apply to actual houses having complicated-shaped wall boundaries. By adding the equation of humidity to the governing equations for a non-isothermal incompressible fluid, the single model was applied to the various benchmark problems with relatively simple geometry. On the other hand, the multiphase model deals with the gas-solid multiphase field as one-fluid model in multiphase flows. The fluid computations are conducted in rectangle-structured cells, while the solid materials are represented by tetrahedron elements, to which different thermal conductivities can be assigned. In contrast to the single-phase model, the multiphase one is applicable to the complicated problems, such as indoor climate in a full-scale multi-story house.</p> <p>In Chapter 3, the single-phase model was applied to various experimental results to confirm its accuracy. After the comparisons with three-dimensional isothermal cavity flows and non-isothermal natural convection flows, the single-phase model was applied to non-isothermal flow with an obstacle plate in the computational region. Finally, this model was applied to the forced flow with a humidifier on the bottom of the three-dimensional box. All predicted results were quantitatively compared with the existing experimental data and it was concluded that the single-phase model can be used to predict non-isothermal flow with humidity within the three-dimensional domain which has relatively simple geometry. After this, using the single-phase model, the time required to increase the temperature in the room using different heating elements was investigated; this included changing the locations of the heating elements. It was shown that the floor heaters consumed less time to increase the temperature of the room.</p> <p>In Chapter 4, using another computational method, the multiphase model, the indoor temperature and velocity distributions were numerically predicted for an actual scale three-story house, in which the measured data had been obtained by preceding study. In order to apply the computational method to the actual house, the solid materials, such</p> | | | |

| | | | |
|---|--------|----|------------------|
| 京都大学 | 博士（工学） | 氏名 | Chamika De Costa |
| <p>as walls, windows and roofs, are represented by finer tetrahedron elements, while multiphase field is calculated on structural collocated grid system. For the solid materials consisting of the house, the corresponding thermal conductivities are assigned on the basis of the experimental conditions. With the above experimental conditions, two cases of computations were conducted: 1) computations with the same condition as experiments and 2) numerical experiments to find optimum heating method. In the first computations, the heat panels were set up at the same location as the experiments. In the computations, the temperature distributions and the flow patterns of air within the multi-story house were obtained taking account of thermal interactions among indoor air, solid materials and outside air. With the comparisons with experimental data measured in multiple positions in the house, it was shown that the multiphase model allows us to reasonably predict the indoor climate of the house. In addition, the numerical experiments were conducted for the same multi-story house with the different heating methods: floor heaters and attached panel heaters. From the comparisons with temperature distribution and other thermal characteristic values, it was suggested that the floor heating method is more efficient than panel heaters. Conclusively, it was shown that the multiphase model is useful to find optimum heating method in actual houses.</p> <p>In Chapter 5, the investigated results from Chapter 2 to Chapter 4 are summarized and the conclusion of this study is briefly described.</p> | | | |

(論文審査の結果の要旨)

本研究では、家屋内の室内気候、特に暖房時に生ずる空気の流れ・温度・湿度分布を対象として、単相および多相場モデルを用いて、数値解析的な研究を行った。最初に、比較的単純な形状の計算領域内で生ずる自然対流現象などの既往研究結果に対する計算を行い、数値解法の妥当性を確認した。次に、実スケールの3階建ての家屋を対象として、室外空気および家屋構造物の熱伝導性を考慮した数値計算を行って、効率の良い暖房方法の提案を行った。これらの研究概要は以下のとおりである。

(1) 単相および多相場数値解析手法

室内空気流の数値計算を行うことを目的として、3次元コロケート格子上で有限体積法に基づく非圧縮性・非等温流れの数値解法を作成した(単相モデル)。この解法には、空気流の湿度の移流拡散方程式を加えている。解法のアルゴリズムはコロケート格子におけるSMAC法に基づくもので、OpenMPによる並列化が施されている。また、多相場モデルとして、空気流と家屋材料との熱的な連成を考慮した3次元数値解法を提案した。この解法では、空気と家屋材料を含む計算セル内の熱伝導に関する異方性が考慮されている。また、MPIを利用して並列化されているため、分散メモリ型システム上で大規模計算が可能である。

(2) 単相モデルによる室内気候の数値計算

単相モデルの有効性を検証するため、壁面が加熱・冷却される3次元キャビティ内の自然対流現象、内部に単純な形状の構造物を有し非等温空気流の流入がある領域内の空気流、また加湿装置を有する領域内の空気流を対象とする数値計算を行った。その結果、既往の実験結果と同様の数値計算結果が得られ、解法の妥当性が確認された。さらに、この解法を用いて、ヒートパネルの位置を変えた複数の数値実験を行い、気流温度の非定常過程に着目した結果、フロアにヒートパネルを設置することにより短時間で室内気温を上昇させることが可能であることを示した。

(3) 多相場モデルによる実スケール家屋内の室内気候の数値計算

多相場モデルを用いて、実スケールの3階建ての家屋の空気流の数値計算を行った。既往の実スケール実験と同様に、窓や壁面などの家屋材料の熱伝導率を設定し、それらの幾何形状は四面体要素で表現した。室内の所定の位置にヒートパネルを設置し、室外領域を含む計算領域を設定して数値解析を行った結果、既往実験と同様の計算結果が得られることを示した。さらに、加熱方式を変えた場合の数値実験を行い、空気流の温度分布や他の熱特性量を比較した結果、フロアヒーティング方式が最適であることを示した。

以上のように、本研究は、室内気候を予測・評価するための数値解法を提案し、その有効性に関する検証を行うとともに、数値実験により最適な暖房方法を提案できることを示したことなどから、学術上、実務上寄与するところが少なくないと考えられる。よって、予備検討の結果、出願者が博士後期課程学位取得基準を満たし、本論文が博士(工学)の学位審査の請求に値するものと認める。また、平成27年8月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日: 平成27年12月24日以降